MATERIAL DIDÁCTICO
AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN 3

FERTILIDAD DEL SUELO Y PARÁMETROS QUE LA DEFINEN

3ª EDICIÓN

Marisol Andrades
Mª Elena Martínez





FERTILIDAD DEL SUELO Y PARÁMETROS QUE LA DEFINEN

Marisol Andrades

Mª Elena Martínez

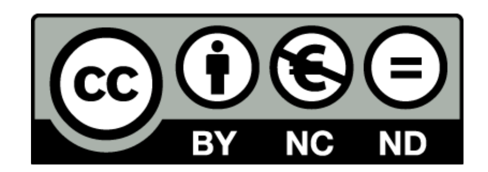
FERTILIDAD DEL SUELO Y PARÁMETROS QUE LA DEFINEN

3ª edición

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
Servicio de Publicaciones
2014

ANDRADES, Marisol
Fertilidad del suelo y parámetros que la definen [Recurso electrónico] / Marisol Andrades, Mª Elena Martínez. – 3ª ed. - Logroño : Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2014.
29 p. ; v. digital. – (Material didáctico. Agricultura y alimentación ; 03)
ISBN 978-84-695-9286-1
1. Suelo agrícola. 2. Fertilidad del suelo. I. Martínez Villar, Mª Elena. II. Título. III. Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones. IV. Serie.
631.452
TVK – IBIC 1.1
4GB – IBIC 1.1

1ª edición, 1993
2º edición, 2001



publicaciones.unirioja.es
E-mail: publicaciones@unirioja.es
ISBN 978-84-695-9286-1
Edita: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

El suelo, como soporte físico y fuente de elementos nutritivos constituye un elemento fundamental para el correcto desarrollo y la buena producción de cualquier especie vegetal.

El conocimiento de los niveles de nutrientes en el suelo, la composición físico-química del mismo, los niveles de extracción de los distintos cultivos y el estado nutricional de estos es la fase inicial de cualquier intento de una mejora cuantitativa y cualitativa de la producción así como el elemento básico para lograr un uso racional y equilibrado de los fertilizantes, que permitirá evitar tanto el despilfarro económico como la posibles consecuencias respecto a la contaminación de suelos y aguas.

El presente trabajo tiene como objetivo facilitar a los técnicos y agricultores una información básica, que les permita realizar una correcta toma de muestras de la tierra y una adecuada interpretación de los resultados analíticos, que haga posible el conocimiento del estado nutricional del suelo en función de las necesidades de las plantas así como un abonado racional y científico.

II. FASES PARA LA REALIZACIÓN DE UN ANÁLISIS DE TIERRAS

Los análisis de suelos definen, a través de un conjunto de determinaciones físicas y químicas las características del suelo y el contenido en elementos minerales asimilables por las plantas. De esta forma ofrecen al agricultor la posibilidad de aportar al suelo la cantidad necesaria de elementos nutritivos, mediante abonos minerales, estiércoles, purines, restos de cosechas, etc., así como la de realizar las enmiendas que sean necesarias para conseguir finalmente cosechas buenas en cantidad y calidad (Fig. 1).

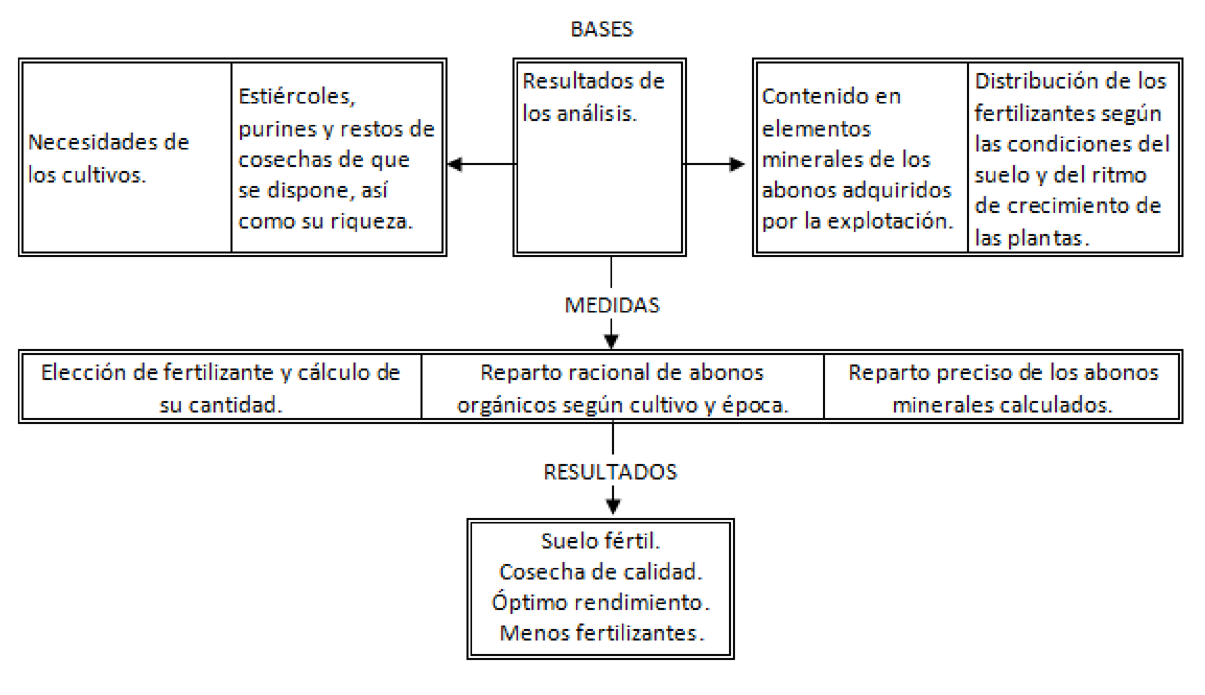


Figura 1.

Los análisis de suelos requieren tres fases:

1. Toma de muestras.
2. Realización de los análisis propiamente dichos.
3. Interpretación de los resultados.

1. Toma de muestras

En el B.O.E. de 14 de octubre de 1.981 aparecen publicadas las normas de toma de muestras para fertilidad, prospecciones edafológicas y suelos afectados por salinidad.

El Gobierno de La Rioja basándose en dicho B.O.E., edita un folleto de carácter informativo: "Normas de toma de muestras del suelo", donde se detalla el modo de muestrear una parcela para determinar posteriormente su fertilidad. A continuación se recogen las ideas más importantes de dicho folleto.

1.1. Época de toma de muestras y periodicidad

En cultivos anuales, la época propicia es inmediatamente después de haber levantado la cosecha, y en frutales y viña de noviembre a enero.

Nunca se realizará después de haber abonado.

No es necesario repetir los análisis de una parcela todos los años. Es suficiente con hacerlo cada tres años.

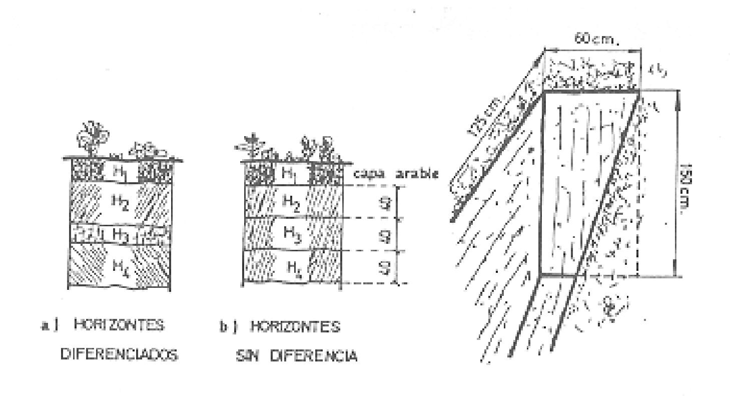
En el caso de plantaciones frutales y viña es imprescindible un primer análisis antes de la plantación (para elección de portainjertos y abonado de fondo o plantación), un segundo cuando la planta entre en producción y después, cada cuatro o cinco años.

1.2. Profundidad del muestreo

Viene determinado por la zona de enraizamiento. Como cifras orientativas se suelen dar:

Cultivo	Suelo	Subsuelo
Praderas	0 - 10 cm	Ninguno
Herbáceos, frutales y viña en no cultivo	0 - 20 cm	20 - 40 cm
Frutales y viña labrados	0 - 30 cm	30 - 50 cm

En el caso de la toma de muestras para el reconocimiento de la aptitud del suelo para plantaciones frutales y viña es aconsejable abrir una calicata o perfil que nos permita estudiar el suelo desde su superficie hasta el material de origen o roca madre. Este estudio nos permitirá conocer las características de los distintos horizontes y la capacidad de uso de ese suelo. Si la parcela es homogénea, se abrirá la calicata en el centro de la misma, con unas dimensiones de 1,5 × 0,6 m, tomando muestras separadas de los diferentes horizontes o, si no existen horizontes diferenciados, de capas arbitrarias de 40 cm en que se divide el perfil, procurando no mezclar los horizontes. En este caso es conveniente efectuar una toma de muestras aparte, para fertilidad.



1.3. Cómo realizar el muestreo

Debe limpiarse de ramas y residuos el sitio de donde se toma cada muestra.

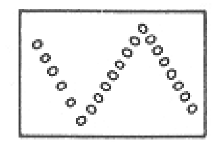
Número de agujeros (*puntos*)

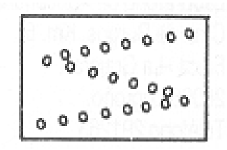
Depende de la variabilidad del suelo y de la exactitud deseada en el análisis.

Dentro de cada parcela homogénea se recogerá muestra de como mínimo seis agujeros (si interesa se pueden recoger muestras, por separado, de tantas zonas distintas como existan en la parcela).

Muestreo

Consiste en efectuar un recorrido en zig-zag a través de la parcela tomando una muestra de cada agujero cada cierto número de pasos, fijados se acuerdo con la extensión de la parcela y el número de agujeros a tomar.

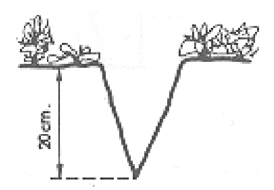




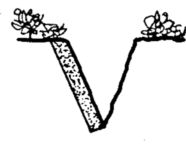
Procedimiento

Se realiza por medio de una sonda, o con pala o azada.

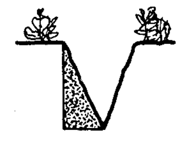
a) Muestra de suelo. Si se va a utilizar una pala o azada, se cava un hoyo pequeño en forma de V y de 20 a 30 cm de profundidad y se limpia el fondo.



Con una pala se corta una rebanada fina de tierra.

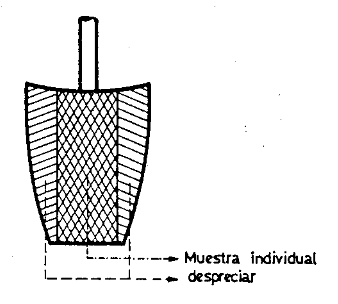


Correcto



Incorrecto

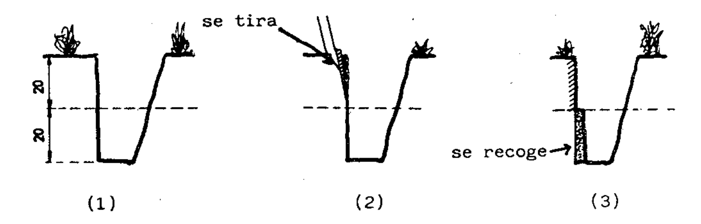
De la rebanada se desprecian los bordes, recogiendo sólo la parte central.



Se mezclan todas las muestras simples (obtenidas en cada agujero), se desterronan y se preparan para el laboratorio (como se indica posteriormente). Es importante que

de cada agujero se obtenga, aproximadamente, la misma cantidad de suelo, e igualmente repartida entre todo el intervalo que constituya la profundidad del suelo.

b) Muestra de subsuelo. Después de tomar la de suelo como se indica anteriormente, se cava hasta la profundidad requerida, se descabezan los 20-30 primeros centímetros y se toma la muestra correspondiente al subsuelo.



Es necesario tener cuidado para no mezclar las tierras correspondientes al suelo con las del subsuelo.

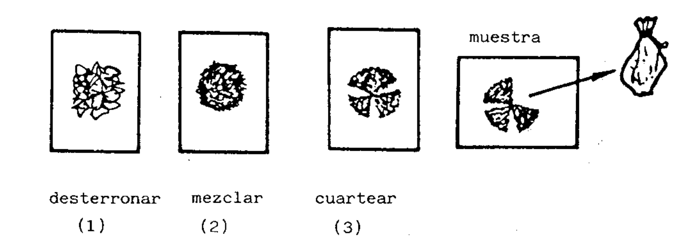
Se mezclan todas las muestras del subsuelo y se preparan.

1.4. Preparación de las muestras para el laboratorio

En un plástico que no haya contenido abonos ni productos fitosanitarios que pudieran contaminar la muestra, se colocan las muestras correspondientes (suelo en un plástico y subsuelo en otro), se desterronan y se mezclan del modo siguiente:

- Se cogen fuertemente dos vértices opuestos del plástico y se estira de uno de ellos de forma que la tierra ruede hacia el otro lado. Después se estira de éste para que la muestra gire en sentido contrario.
- Se repite el proceso con los otros dos vértices.
- Se vuelve a repetir hasta conseguir una muestra homogénea.

Una vez homogeneizada, la muestra se extiende sobre un plástico formando una capa de 1 cm de espesor. Se divide en cuatro cuadrantes. Se descartan los dos cuadrantes opuestos. Se vuelve a cuartear, si hiciera falta, hasta la obtención de una muestra de 1 kg.



1.5. Cerrado y etiquetado de los envases de muestras

Las muestras se introducen en bolsas de plástico que no hayan contenido abonos ni productos fitosanitarios.

Cada muestra se etiqueta para su identificación, con dos etiquetas. Una dentro (envuelta en un trozo de plástico) y otra fuera (en el nudo de la bolsa).

Las muestras se envían acompañadas del correspondiente boletín de datos de campo.

2. Realización de los análisis

La ejecución de esta fase es competencia de los laboratorios especializados.

El laboratorio proporcionará los resultados de las principales determinaciones al técnico o agricultor, que los interpretará en función del cultivo y del nivel de fertilidad que desee. El objetivo de este trabajo está centrado en facilitar esta interpretación.

3. Interpretación de los resultados

La interpretación de los resultados de los análisis de suelos es compleja, a pesar de que en principio consiste en correlacionar los resultados analíticos y las necesidades de los cultivos. La principal dificultad nace debido a que el contenido en nutrientes de los suelos no es el único factor del que depende el rendimiento y la calidad de la cosecha.

Es importante conocer las necesidades de las plantas y los niveles de elementos nutritivos que hay en el suelo, para después estudiar la eficacia de las dosis de fertilizantes calculados en función de los datos resultantes de los análisis de suelos. Se recomienda repetir los análisis en el tiempo y observar paralelamente el comportamiento del cultivo de cara a optimizar la fertilización futura.

3.1. Necesidades de los cultivos

Las necesidades dependen del propio cultivo y del rendimiento que se espera obtener de él. En la tabla 1 se recogen las necesidades óptimas de cultivo y la fertilización habitual en alguno de los cultivos más importantes de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

3.2. Establecimiento de los niveles de fertilidad del suelo

Los distintos niveles de fertilidad del suelo (pobre, medio, etc.) se obtienen experimentalmente evaluando si los cultivos responden o no a los aportes de distintas dosis de fertilizantes calculadas para diferentes riquezas de nutrientes en el suelo (Fig. 2).

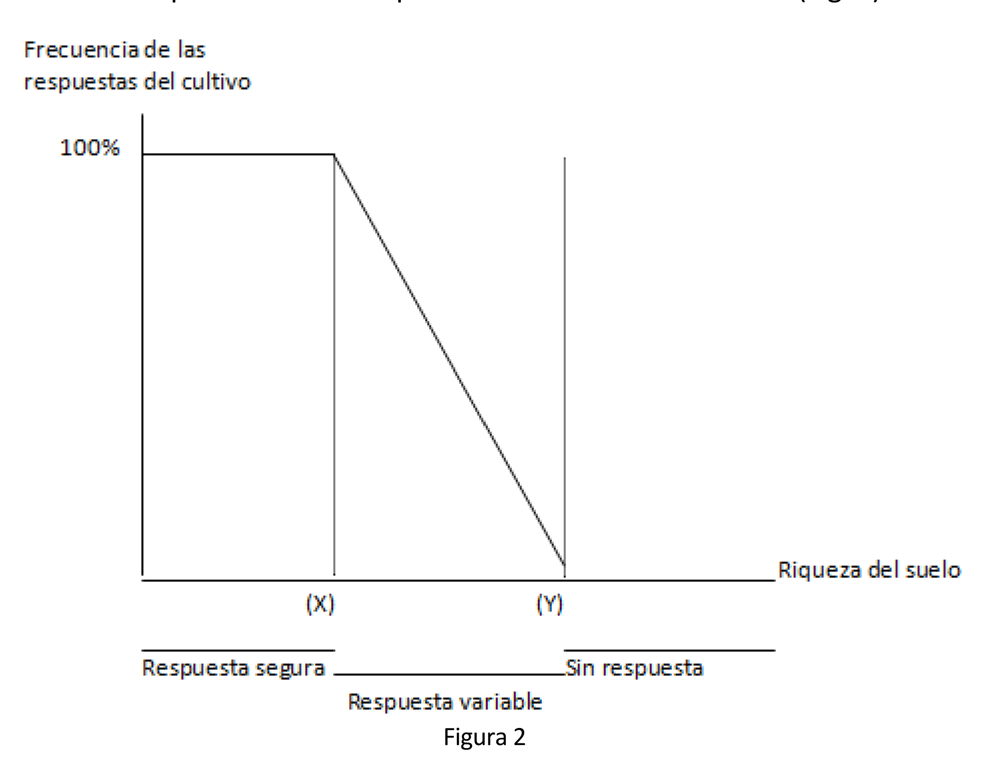


Figura 2

Tabla 1

Cultivo	Condiciones óptimas			Fertilización (Kg para producir 10 tm/ha)			Especificaciones
	pH	Textura	Clima	N	P_2O_5	K_2O	
Cerezo	5 - 7	Suelos franco-arenoso, areno-limosos y limosos. Tierras profundas, permeables y bien drenadas.	No es exigente. Prefiere climas secos.	100 - 160	60 - 100	100 - 200	Aplicar 1000 kg/ha de escorias Thomas y microelementos.
Melocotonero	Neutro. Se adapta bien, pero los ácidos se deben corregir.	Según portainjerto. Los mejores son de textura media, profundos y bien drenados.	Sensible a heladas tardías. Exigencias en horas-frío según variedad.	50	30 - 60	60 - 80	Sensible a caliza activa. Depende del portainjerto.
Peral	Prefiere neutro.	Adaptable si tiene aireación, permeabilidad, humedad, buen drenaje y profundidad.	Necesita de 600 a 800 horas frío.	35	17 - 35	70 - 85	----
Manzano	Prefiere neutro.	Adaptable si tiene aireación, permeabilidad, humedad, buen drenaje y profundidad.	De 700 a 1000 horas frío. Más sensibles a heladas tempranas las variedades tardías.	35	17 - 35	70 - 85	Exigente en potasio, sobre todo árboles jóvenes.
Vid	Muy variable, depende del patrón.	Es muy variable dependiendo del patrón, preferentemente franca o franco-arenosa. Resistente a caliza y poco resistente a salinidad y boro.	Soporta desde -15^oC antes de brotación hasta 42^oC en verano.	80 - 90	30- 40	90 - 100	----
Lechuga	6,3 - 7	Suelos de textura media, profundos y bien drenados.	Según variedad. Óptimo 15-20^oC.	90 - 100	45 - 75	45 - 100	Resistente a salinidad. Alternar los cultivos.
Tomate	6,5 - 7. Tolera un intervalo más amplio.	Se desarrolla bien en cualquier suelo.	Clima cálido. Óptimos: día: 24-26^oC. Noche: 18-20^oC.	12 - 15	8 - 10	32 - 40	Tolerante a salinidad. Necesita luz.
Espárrago	6,2 - 7,8	Se adapta bien. Mejor en franco-arenosos, ligeros y profundos.	Se adapta a gran variedad de climas.	240 - 400	100 - 200	200 - 400	Añadir en nueva plantación 40-60 tm /ha de estiércol.
Bróculi Coliflor	6 - 7,3	Ligeros y sueltos	Resistencia a frío según variedad. Necesita 5^oC para germinar. Optimo 16-19^oC.	85 - 145	65 - 85	170	Medianamente resistentes a salinidad.
Repollo Col	5,7 - 7,2	Algo arcillosos, un poco pesados con buen nivel de materia orgánica y profundos.	Muy tolerante al frío invernal sólo necesita temperaturas por encima de los 5^oC para germinar.	35 - 65	20 - 30	40 - 65	No repetir el cultivo ni otras crucíferas.
Trigo	5,5 - 7,5	Amplia variedad de suelos siempre que la capacidad de almacenamiento de agua y la permeabilidad sea buena.	Sensible a las heladas.	200 - 265	130 - 230	165 - 264	----
Cebada	6,5 - 8	Buena adaptación a suelos francos y franco-arenosos.	Más resistente a la sequía y más sensible al frío invernal que el trigo.	240 - 320	180 - 280	200 - 260	----

Según la figura 2, la riqueza del suelo inferior al valor X se clasifica como muy baja. Para estos contenidos cualquier aporte de nutrientes tiene respuesta positiva sobre el cultivo. Por encima del valor Y no hay respuesta del cultivo a los aportes de abono: la riqueza es muy alta. En los niveles comprendidos entre X e Y se presentan respuestas variables de los cultivos a los aportes de nutrientes por lo que este intervalo se subdivide en varias clases de interpretación: bajo, medio, alto.

Los límites entre estas distintas clases van a depender, desde el punto de vista de su interpretación, de características del suelo, como el pH, el contenido en arcilla, el contenido en materia orgánica y el de carbonatos totales.

El elemento que se ve más afectado por la dependencia a estas características del suelo es el potasio. Para definir el nivel de potasio cambiable hay que tener en cuenta que cuanto mayor es el contenido en arcilla menor es la cantidad de potasio disponible para una misma cantidad inicial en el suelo. Con el fósforo sucede una cosa parecida, aunque no tan acusada (López y Miñano, 1988).

3.3. Breve comentario sobre las principales determinaciones

3.3.1. Textura

En lo que respecta a la textura, los suelos se pueden clasificar, a grosso modo, en tres grupos importantes, atendiendo a su contenido en arcilla y a la capacidad de intercambio catiónico (Tabla 2).

Tabla 2

Tipo de suelo	% arcilla	Capacidad de intercambio catiónico (valores medios) (meq/100g)
Arenoso	< 10	10
Franco	10 - 30	15
Arcilloso	> 30	20

La textura hace referencia al tamaño de las partículas elementales obtenidas a partir de la tierra fina (tamiz 2 mm) de forma que el porcentaje de arena, arcilla y limo de un suelo, determina la clase textural a la que pertenece, clase que se determina con la ayuda del triángulo de textura. En la Figura 3 se muestra el triángulo a utilizar cuando se siguen los criterios ISSS (International Society of Soil Science).

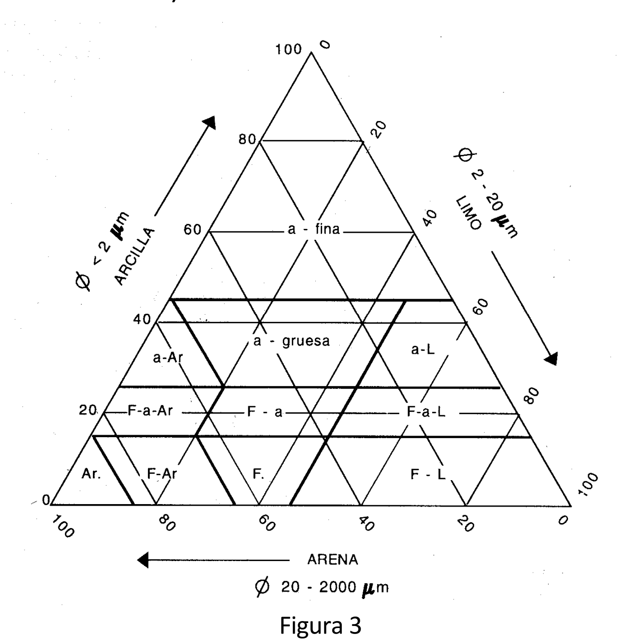


Figura 3

Esta propiedad influye en la fertilidad de los suelos al influir en:

- La aireación.
- La capacidad de retención de agua.
- La capacidad de retención de nutrientes.

En la tabla 3 se indican las características más importantes de los suelos arcillosos, francos y arenosos.

Tabla 3

Suelo arcilloso (>30% arcilla)	Suelo franco (10-30% arcilla)	Suelo arenoso (<10% arcilla)
- Retienen el agua y los nutrientes con fuerza. - Suelos encharcados y mal aireados. - Difícil drenaje y labranza. - Apelmazamiento, formación de costras.	- Adecuada retención de agua y nutrientes. - Buena aireación. - Buena penetración de raíces. - Se trabajan con poca resistencia.	- Retiene poca humedad y tienden a secarse. - Poseen baja fertilidad y necesitan aportes de elementos orgánicos e inorgánicos. - Buena aireación.

3.3.2. pH

Este parámetro influye en gran medida en el desarrollo de los cultivos determinando en el suelo:

- Distintas solubilidades en los elementos nutritivos.
- Distinto desarrollo de los microorganismos.
- La velocidad de los procesos de humificación y de mineralización.
- La capacidad de adsorción de cationes en el complejo de cambio.

Los suelos según el pH que tengan presentan características distintas:

- Suelos con pH ácido:
  - Son desfavorables para el desarrollo radicular.
  - Suelen ser pobres en bases de cambio: Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}...
  - En ellos se reduce la actividad microbiana.
  - Disminuye la asimilación del fósforo, que precipita dando formas insolubles con manganeso, aluminio y hierro.

- Suelos con pH básico:
  - Tienen un alto contenido en bases de cambio: Ca^{++}, Mg^{++}...
  - Por la presencia de carbonato cálcico presentan bloqueos y antagonismos que dificultan la asimilación del hierro, manganeso y zinc.
  - Si hay carbonato sódico aparecen problemas de impermeabilidad y compacidad.
  - Disminuye la asimilación del fósforo que precipita dando formas insolubles: $Ca_3(PO_4)_2$.

- Suelos con pH neutro:
  - Es la condición óptima para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de los nutrientes.

Los suelos de La Rioja son en su gran mayoría suelos básicos, presentando es algunos casos riesgos de clorosis férrica para cultivos sensibles por los altos contenidos en $CaCO_3$. Sin embargo, debemos precisar que no sólo es esta la causa de la clorosis, ya que pueden aparecer clorosis como consecuencia de un exceso de potasio que induzca a la carencia de magnesio, por un exceso de humedad en el suelo ocasionado por años de precipitaciones abundantes a las que se suma un riego temporal, enterrado de materia orgánica fermentable, exceso de arcilla, etc.

En la tabla 4 y en las figuras 4 y 5, se expone la clasificación de los suelos según el pH, la acomodación de los cultivos al pH del suelo y la disponibilidad de los elementos en el suelo según sea el valor de este parámetro, respectivamente.

Tabla 4

pH	Clasificación
< 5,5	Muy ácido
5,6 - 6,5	Acido
6,6 - 7,5	Neutro
7,6 - 8,5	Básico
> 8,6	Alcalino

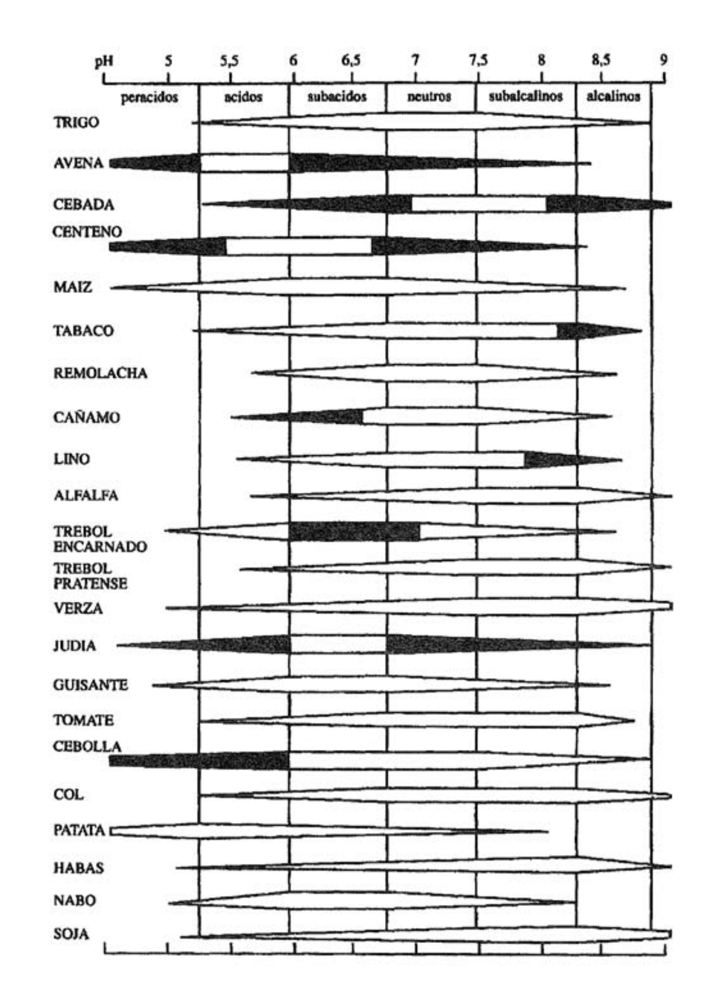


Figura 4

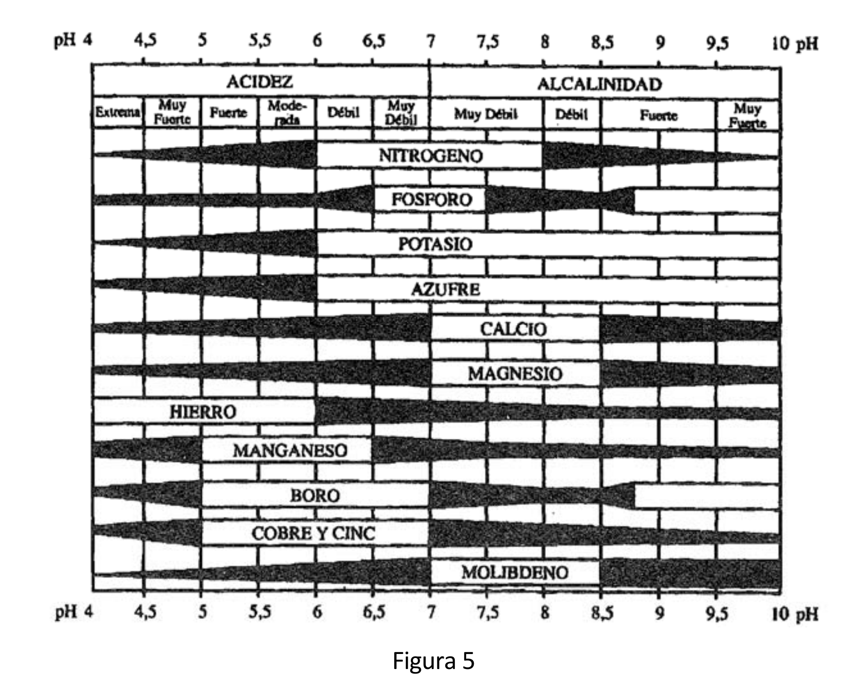


Figura 5

El conocimiento de este parámetro es muy útil para elegir el tipo de abono más adecuado (en especial para los fosfatados, ya que cuanto más extremo sea el pH, menos soluble será el abono). En algunas zonas puede ser muy interesante completar esta última determinación con la tasa de saturación de bases, ya que este valor, junto con el del pH, define el estado cálcico del suelo y apuntan sobre la necesidad o no de una enmienda.

3.3.3. Conductividad eléctrica

La salinidad del suelo (conjunto de todas las sales solubles) se determina mediante la conductividad eléctrica de una solución de suelo (agua + suelo) o en extracto de saturación a una temperatura determinada (Tabla 5).

La solución del suelo contiene siempre sales solubles en mayor o menor proporción, pero si la cantidad de éstas aumenta y alcanzan un límite, la vegetación no puede subsistir. No obstante hay que destacar que no todos los cultivos presentan la misma resistencia al medio salino, por lo que una correcta interpretación de la conductividad eléctrica deberá ir siempre referida a un cultivo determinado y si es posible al tipo de agua con que se riega.

Los principales cationes que dan origen a la salinidad son: sodio, calcio, magnesio y potasio; y los principales aniones son: sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos.

Tabla 5

CEe (dS/m)	$CE_{1/5}$ (dS/m)	Clasificación
< 2	< 0,35	No salino
2 - 4	0,35 - 0,65	Ligeramente salino
4 - 8	0,65 - 1,15	Salino
> 8	> 1,15	Muy salino

3.3.4. Materia orgánica

La cantidad de materia orgánica de un suelo depende del material vegetal, de la textura del suelo y del pH.

Su adecuada proporción:

- Favorece el desarrollo de una buena estructura, mejorando la aireación del suelo y la capacidad de retención del agua.
- Protege frente a la erosión.
- Aumenta la capacidad total de cambio favoreciendo una buena reserva de elementos nutritivos.

En la tabla 6 se detallan los niveles de materia orgánica (%) según el tipo de textura del suelo, para suelos con cultivos en regadío.

Tabla 6

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
< 0,7	< 1,0	< 1,2	Muy Bajo
0,7 - 1,2	1,0 - 1,5	1,2 - 1,7	Bajo
1,2 - 1,7	1,5 - 2,0	1,7 - 2,2	Normal
1,7 - 2,2	2,0 - 2,5	2,2 - 3,0	Alto
> 2,2	> 2,5	> 3,0	Muy Alto

3.3.5. Fósforo

Un contenido adecuado de fósforo en el suelo es de gran importancia para el desarrollo de las plantas, por intervenir en funciones fundamentales, como son:

- Favorecer el desarrollo de las raíces.
- Estimular el crecimiento y el desarrollo vigoroso de las plantas.
- Favorecer la floración y la fructificación y con ello la cantidad y calidad de los frutos y semillas.
- Adelantar la maduración de los frutos.
- El dulzor de los frutos depende de la riqueza del suelo en fosfatos y de la porosidad del terreno que aumenta la respiración de las raíces y la absorción de nutrientes.

El comportamiento del fósforo en el suelo es complicado y al ser un elemento de poca movilidad, de cara a la mayor eficacia del abonado fosfórico conviene tener en cuenta lo siguiente:

- El fósforo debe aplicarse en una sola vez en cada cultivo anual, puesto que se almacena en el suelo, y la planta lo va tomando en función de sus necesidades.
- Al moverse muy poco en el suelo, es preciso enterrarlo para colocarlo cerca de las raíces.
- La asimilación del fósforo se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de este elemento. Cuando se abona con escasez se aprovecha un porcentaje menor del fósforo que cuando se abona con una dosis adecuada.

- En suelos básicos puede producirse una fijación lenta e irreversible de una parte del P_2O_5 en forma de fosfatos tricálcicos no recuperables; también en los suelos ácidos puede darse el bloqueo de una parte del P_2O_5 en forma de fosfatos de hierro y aluminio que pueden recuperarse parcialmente mediante una enmienda caliza.

En la tabla 7 se indican los niveles de fósforo (método Olsen) (ppm) según la textura del suelo.

Tabla 7

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Secano			
Arenoso	< 8	9 - 12	> 13
Franco	< 12	13 - 18	> 19
Arcilloso	< 15	16 - 24	> 25
Regadío			
Arenoso	< 12	13 - 18	> 19
Franco	< 15	16 - 25	> 26
Arcilloso	< 20	21 - 30	> 31

3.3.6. Potasio

El mantenimiento de determinados niveles de potasio en el suelo es decisivo para que éste pueda desempeñar sus distintas funciones en las plantas, entre las que se pueden señalar:

- Favorecer la formación de hidratos de carbono.
- Incrementar la consistencia y dureza de los tejidos de la plantas dando una mayor resistencia a ciertas enfermedades.
- Se considera como un factor de calidad de los productos al aumentar el peso, la coloración y el sabor de los productos.
- Aumentar la resistencia de las plantas a las heladas.
- Aumentar la resistencia de las plantas a la sequía.

En relación a las aportaciones de potasio conviene resaltar:

- Pueden hacerse de una sola vez en cada cultivo anual, puesto que se almacena en el suelo y la planta lo va tomando a medida que lo necesita.
- Al moverse muy poco en el suelo, es preciso enterrarlo para colocarlo cerca de las raíces.
- En suelos arenosos conviene aportarlo en varias veces, ya que si no al estar disuelto en agua se perderá hacia capas más profundas.
- La materia orgánica contribuye a un mejor aprovechamiento de los abonos potásicos por:
  - retener el agua, con lo que disminuyen las pérdidas de potasio.
  - evita que el potasio asimilable derive a formas que no sean asimilables.

En la tabla 8 se indican los distintos niveles de potasio (método acetato)(ppm) según la textura del suelo.

Tabla 8

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Secano			
Arenoso	< 95	96 - 135	> 136
Franco	< 125	126 - 195	> 196
Arcilloso	< 155	156 - 255	> 256
Regadío			
Arenoso	< 135	136 - 215	> 216
Franco	< 155	156 - 295	> 296
Arcilloso	< 175	176 - 330	> 331

3.3.7. Carbonatos totales y caliza activa

El carbonato cálcico es la principal fuente de calcio de los suelos, encontrándose en dimensiones variables, desde guijarros hasta en forma de polvo muy fino.

Cuando falta el carbonato cálcico en el suelo nos encontramos normalmente con suelos ácidos, aunque también puede darse su falta en tierras básicas. En este último caso tendremos que aportar sulfato cálcico (yeso), de manera que aumentemos los niveles de calcio sin elevar el pH.

Los carbonatos tienen una acción positiva sobre la estructura del suelo y sobre la actividad de los microorganismos, pero un exceso de éstos puede traer problemas de nutrición en las plantas por antagonismos con otros elementos.

Los suelos ricos en carbonatos y con pH próximo a 8 suelen contener mucho carbonato cálcico, mientras que los suelos con altos contenidos en carbonatos y con pH superior a 8,5 el carbonato predominante suele ser el sódico.

A pesar de todo lo comentado, el contenido total de los carbonatos no nos da una idea exacta de sus efectos en el suelo, por lo que si el contenido de los carbonatos es superior al 8-10% se recomienda hacer el análisis de la caliza activa. La caliza activa se define como partículas finas de carbonatos, de tamaño inferior a las 5 µm, muy activas químicamente y que pueden interferir en el normal desarrollo de las plantas.

En las tablas 9 y 10 se indican los distintos niveles de carbonato cálcico y de caliza activa de los suelos.

Tabla 9

% de Carbonatos	Clasificación
< 5	Muy bajo
5 - 10	Bajo
10 - 20	Norma
20 - 40	Alto
> 40	Muy alto

Tabla 10

% de Caliza Activa	Clasificación
< 6	Bajo
6 - 9	Medio
> 9	Alto

3.3.8. Capacidad total de cambio

El complejo arcillo-húmico está formado por pequeñas partículas de arcilla y humus que floculan en el agua del suelo en presencia de calcio. Desempeña un papel muy importante de cara a la estructura y a la fertilidad del suelo, pudiéndose decir que, en cierta medida, la cantidad de nutrientes que la planta tenga a su disposición va a depender de la capacidad que tenga el complejo de cambio de retener nutrientes.

Se llama capacidad total de cambio (CTC) a la cantidad máxima de cationes intercambiables que pueda retener un suelo (Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+} + Na^{+} + H^{+} + Al^{3+}), y este complejo de cambio estará saturado cuando todo él esté ocupado por cationes básicos (Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+} + Na^{+}) desplazando al H^{+} y al Al^{3+}.

La capacidad total de cambio del suelo dependerá del tanto por ciento de arcilla y materia orgánica que tenga.

En la tabla 11 se indican los distintos niveles de magnesio (método acetato)(ppm) según la textura del suelo.

Tabla 11

	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Secano			
Arenoso	< 41	42 - 60	> 61
Franco	< 55	56 - 85	> 86
Arcilloso	< 70	71 - 110	> 111
Regadío			
Arenoso	< 50	51 - 73	> 74
Franco	< 60	61 - 95	> 96
Arcilloso	< 85	86 - 145	> 145

Los suelos básicos tienen un complejo de cambio totalmente saturado, y en ellos los cationes deben estar dentro de los siguientes límites para que exista equilibrio y no aparezcan problemas de antagonismos:

Ca^{++} 60 - 80 % de la CTC

Mg^{++} 10 - 20 % de la CTC

K^{+} 2 - 6 % de la CTC

Na^{+} 0 - 3 % de la CTC

Además de estos límites hay que tener en cuenta la relación del magnesio con el potasio y el calcio, ya que desequilibrios entre ellos pueden dar bloqueos y antagonismos. Haciendo el cálculo en meq/100g pueden darse las situaciones siguientes:

K/Mg = 0,2 - 0,5 correcto

K/Mg > 0,5 carencia de magnesio o exceso de potasio

K/Mg < 0,2 carencia de potasio o exceso de magnesio

Ca/Mg = 5 correcto

Ca/Mg > 10 carencia de magnesio

Así mismo el exceso de sodio produce deficiencias en calcio y en magnesio y en cultivos arbóreos esto provocará fuertes defoliaciones.

NOTA: A continuación facilitamos los valores para la conversión de meq/100g en ppm de algunos cationes:

1 meq de Mg/100 g de suelo = 121,6 ppm de Mg = 121,6 mg de Mg/kg de suelo

1 meq de Ca/100 g de suelo = 200,4 ppm de Ca = 200,4 mg de Ca/kg de suelo

1 meq de K/100 g de suelo = 391 ppm de K = 391 mg de K/kg de suelo

1 meq de Na/100 g de suelo = 230 ppm de Na = 230 mg de Na/kg de suelo

III. FERTILIZACIÓN

En la fertilización que se realiza normalmente se producen elevadas pérdidas de los elementos aportados, que según Fuentes Yague, J. L. (1992) son del orden de:

Un 50 - 60 % de los abonos nitrogenados

Un 20 - 30 % de los abonos fosfatados

Un 30 - 40 % de los abonos potásicos

Habitualmente el querer compensar estas pérdidas se traduce en aumentar las dosis, provocando:

- Un consumo de lujo por parte de la planta, que no conlleva un incremento considerable de la producción.
- La contaminación de acuíferos y del mismo suelo con los excesos.

Estos efectos negativos se deben evitar, con la utilización de otras alternativas para disminuir las pérdidas, como pueden ser: dosificar los aportes, fertilizantes de liberación lenta, etc., una vez que se tiene conocimiento del tipo y comportamiento de cada uno de los abonos en el suelo.

Para facilitar este conocimiento, se han hecho una serie de consideraciones para cada uno de los tipos de abonado.

1. Abonados fosfórico y potásico

El comportamiento del fósforo y del potasio en el suelo es parecido:

- Lo asimilable por las plantas está localizado en la solución del suelo y en el complejo arcillo-húmico.
- Las plantas lo toman de la solución del suelo, y cuando esto ocurre, una parte del almacenado en el complejo de cambio pasa a la solución del suelo.
- Estos elementos tienen poca movilidad en el suelo.

De todo esto se deduce la conveniencia de aplicarlos una sola vez (se almacenará y se utilizará según se necesite) y cerca de las raíces (por sus escasas movilidades).

1.1. Aplicación de los abonos fosfatados

En relación a este abonado cabe destacar:

- El fósforo soluble en agua se asimila con mayor rapidez que el fósforo soluble en citratos.
- Para conseguir una respuesta rápida en los cultivos:
  a) En los que tengan ciclo corto o escaso desarrollo radicular es aconsejable el uso de abonos con un 50% de P_2O_5 soluble en agua al menos.
  b) En cultivos de ciclo largo es conveniente utilizar abonos con un menor porcentaje de P_2O_5 soluble en agua, por ser de utilización más lenta.

- En las tierras que tengan un contenido en fósforo medio o alto es acertado aplicar abonos que tengan un pequeño tanto por ciento de fósforo soluble en agua, de forma que cubra necesidades inmediatas y que el soluble en citrato cubra otras necesidades posteriores de la vida de la planta.
- En suelos con contenido en fósforo bajo se recomienda aplicar el abono a voleo y en suelos ricos se recomienda distribuirlo parte en bandas y parte a voleo.
- El abono localizado junto a la semilla es muy efectivo en la mayoría de los cultivos, por mantener un buen nivel de fósforo soluble cerca de las raíces, pero hay que abonar con dosis escasas para no causar daño a la planta recién nacida.

1.2. Aplicación de los abonos potásicos

- Es aconsejable el abono localizado:
  a) Cuando los cultivos tengan una necesidad grande de este elemento en las primeras fases del desarrollo, como es el caso de cultivos de ciclo corto.
  b) Cuando por escaso desarrollo radicular haya dificultades de absorción.

- Es recomendable el abonado a voleo:
  a) En cultivos de ciclo largo.
  b) Cuando las plantas tengan suficiente desarrollo radicular.

- El abonado potásico es más efectivo cuando hay un cierto nivel de potasio en el suelo, por lo que cuando las tierras son pobres en este elemento compensa aportarlo por encima de las necesidades de las cosechas, para elevar su contenido hasta niveles convenientes.

  Si para conseguirlo, hay que emplear dosis elevadas es conveniente distribuirlo parte a voleo y parte localizado para evitar daños a las semillas, mientras que si las dosis a utilizar son pequeñas se debe aplicar localizadamente.

2. Abonado nitrogenado

En relación a la fertilización nitrogenada conviene resaltar:

- Las plantas utilizan el nitrógeno en formas nítricas y en mucha menor medida en forma amoniacal.
- La mayor parte del nitrógeno del suelo es orgánico, es decir forma parte de la materia orgánica. Este, dependiendo del suelo y del clima, pasará en una pequeña parte a nitrógeno amoniacal y después a nítrico. El nitrógeno de este tipo que pasará a ser asimilable es insuficiente para un buen rendimiento de la cosecha, por lo que es obligada la fertilización.
- El nitrógeno nítrico las plantas lo asimilan con rapidez, pero es arrastrado con facilidad por el agua de percolación, por lo que es aconsejable fraccionar la dosis y distribuirla en dos o tres aplicaciones.
- El nitrógeno amoniacal es retenido por el complejo arcillo-húmico, por lo que no es arrastrado por las aguas de percolación.
- La acción de este tipo de nitrógeno es más duradera por necesitar más tiempo para que se transforme en nítrico absorbible por las raíces, por lo que las plantas tienen a su disposición el nitrógeno durante más tiempo.
- El nitrógeno de la urea por la actividad microbiana se hidroliza en tres o cuatro días pasando a nitrógeno amoniacal. Es necesario enterrarlo para no perderlo por volatilización.
- El nitrógeno amídico de la cianamida mediante hidrólisis se transforma en nitrógeno amoniacal y éste en nítrico en un plazo de dos o tres semanas.

BIBLIOGRAFÍA

COOKE, G. W., 1983. *Fertilización para rendimientos máximos*. México: Compañía Editora Continental.

FUENTES YAGÜE, J. L. (1992). *Los abonos*. Madrid: Mundiprensa.

FUENTES YAGÜE, J. L. (2000). *El suelo y los fertilizantes*. Madrid: Mundiprensa.

GROS, A. y DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. (1992). *Abonos. Guía práctica de la fertilización*. Madrid: Mundiprensa.

LÓPEZ, E. y MIÑANO, F. (1988). *Métodos rápidos de análisis de suelos*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Hojas Divulgadoras, 18/88).

LÓPEZ RITAS, J. (1990). *El diagnóstico de suelos y plantas*. Madrid: Mundiprensa.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid: Mundiprensa.



Servicio de Publicaciones
Biblioteca Universitaria
C/ Piscinas, s/n
26006 Logroño (La Rioja)
Teléfono: 941 299 187

http://publicaciones.unirioja.es
www.unirioja.es